

### *Библиографический список*

1. Развитие литейной отрасли до 2020 года по прогнозам специалистов США: Информационный бюллетень. М.: ИТЦМ «Металлург», 2000. № 5. 15 с.
2. Никитин В.И. У белого металла не будет чёрных дней // *Металлоснабжение и сбыт*. 2000. № 3. С. 72-74.
3. Demidovich V., Maslikov P., Olenin V. Innovative induction heating technologies of processing titanium alloys // *Proceedings of the XVII UIE Congress 21-25 May, 2012. St.Petersburg, 2012. P. 390-393.*
4. Демидович В.Б., Масликов П.А., Баранов Д.А., Ковинька А.А. Технологии электромагнитного получения литых изделий из титана и титановых сплавов // *Индукционный нагрев*. 2012. № 2 (20). С. 14-18.
5. Демидович В.Б., Масликов П.А., Григорьев Е.А., Оленин В.А. Инновационные технологии обработки титановых сплавов с применением индукционного нагрева // *Индукционный нагрев*. 2012. № 3 (21). С. 26-28.

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕПЛОЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ – НЕОБХОДИМОЕ УСЛОВИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЯ**

*Михалаш М.А., Комкова М.Г., Толстова Ю.И.  
УрФУ, e-mail:yu.i.tolstova@ustu.ru*

Согласно действующим строительным нормам СНиП 23-02 «Теплозащита зданий», решения по теплозащите должны приниматься по условиям энергосбережения. Нормативы, установленные в 2000 году, были пересмотрены в 2005 году в сторону увеличения и используются при проектировании до настоящего времени. Сопротивление теплопередаче по условиям энергосбережения  $R_0^{\text{ЭН}}$  принимается в зависимости от назначения зданий, вида ограждающей конструкции и показателя суровости климата – величины градусо-суток отопительного периода  $B$ :

$$B = (t_{\text{в}} - t_{\text{от}}) Z_{\text{оп}}, \quad (1)$$

где  $t_{\text{в}}$  – температура внутреннего воздуха в помещении, °С;  $t_{\text{от}}$  – средняя температура наружного воздуха за отопительный период, °С;  $Z_{\text{оп}}$  – продолжительность отопительного периода, сут.

Анализ технических решений и оценка экономических тенденций развития энергетики, выполненные В.Г. Гагариным [1], показал, что дальнейшее повышение уровня теплозащиты зданий не является экономически целесообразным как по инвестиционной привлекательности, так и по эффективности капитальных вложений.

В инженерной практике принято оценивать основные решения по экономическим условиям: оптимальному варианту должны соответствовать минимальные затраты финансовых средств. Рассмотрим этот подход применительно к задаче проектирования теплозащиты зданий.

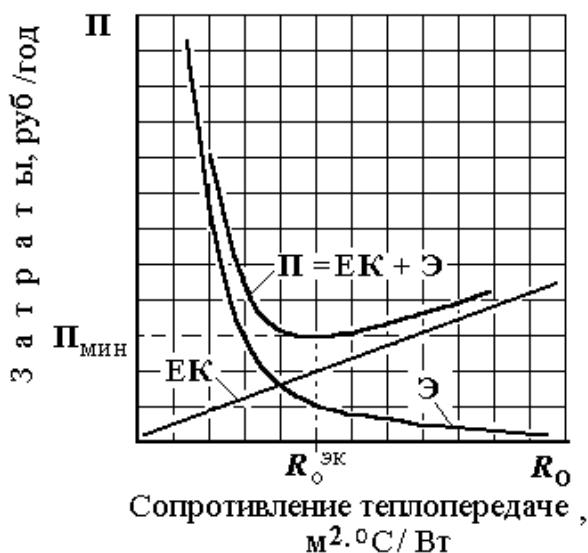
Годовые затраты на поддержание заданных параметров воздушной среды (приведенные затраты) в помещениях складываются из затрат на устройство теплозащиты наружных ограждающих конструкций и эксплуатационных затрат (затрат на отопление):

$$\Pi = \text{ЕК} + \text{Э}, \quad (2)$$

где  $\Pi$  – приведенные затраты на теплозащиту, руб./год;  $E$  – коэффициент эффективности капитальных вложений или процентная ставка кредита, 1/год;  $K$  – капитальные затраты, руб.;  $\mathcal{E}$  – эксплуатационные затраты на компенсацию теряемого тепла, руб./год.

При увеличении общего сопротивления теплопередаче затраты на устройство теплозащиты наружных ограждений увеличиваются, а затраты на отопление уменьшаются. Сумма этих затрат имеет следующую тенденцию: при увеличении сопротивления теплопередаче суммарные затраты снижаются, а затем увеличиваются (рисунок).

Как видно, график изменения суммарных затрат имеет минимум, которому соответствует оптимальное значение сопротивления теплопередаче из экономических условий  $R_o^{эк}$ . Решение можно получить графическим путём, задавая разные значения общего сопротивления теплопередаче  $R_o$  и определяя величину затрат  $K$ ,  $\mathcal{E}$  и  $\Pi$ .



Зависимость приведенных затрат от сопротивления теплопередаче

В.Н. Богословским [2] было получено аналитическое решение задачи оптимизации теплозащиты с использованием математического подхода из условия, что производная функции  $\Pi$  в точке минимума равна нулю.

Формула для расчёта сопротивления теплопередаче из экономических условий была включена в СНиП II-3-79\* «Строительная теплотехника»:

$$R_o^{эк} = \sqrt{n \frac{(t_b - t_{от}) Z_{оп} \cdot c_t}{\lambda_{ут} \cdot c_{ут} \cdot E}}, \quad (3)$$

где  $Z_{оп}$  – продолжительность отопительного периода, с;  $c_t$  – стоимость единицы тепла, руб./Дж;  $\lambda_{ут}$  – коэффициент теплопроводности материала утепляющего слоя,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$ ;  $c_{ут}$  – стоимость утеплителя, руб./ $\text{м}^3$ ;  $n$  – коэффициент, учитывающий отношение термического сопротивления утеплителя к общему сопротивлению теплопередаче.

В последние годы в связи с изменением условий ценообразования экономический подход к выбору уровня теплозащиты применяется не всегда, а в действующих нормативных документах основное внимание уделено выполнению условий энергосбережения.

Выполнен анализ стоимости и теплозащитных свойств современных типов утеплителей и установлено, что эти показатели имеют значения в интервале  $c_{ут} = 2300 - 3300$  руб./ $\text{м}^3$  и  $\lambda_{ут} = 0,034 - 0,044$   $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$ , соответственно.

В то же время стоимость тепловой энергии существенно различается по регионам. В таблице представлены цены на тепловую энергию по федеральным округам и значения сопротивлений теплопередаче наружных стен и покрытий жилых зданий, рассчитанные по экономическим условиям  $R_o^{ЭК}$  по формуле (3) и  $R_o^{ЭН}$ , принятые по СНиП 23-02 в зависимости от показателя  $B$ . Установлено, что зависимость сопротивлений теплопередаче  $R_o^{ЭК}$  и  $R_o^{ЭН}$  от показателя суровости климата  $B$  практически одинакова.

Представленные в таблице данные показывают, что в настоящее время значения экономически целесообразного сопротивления теплопередаче наружных стен  $R_o^{ЭК}$  для большинства регионов России близки к рекомендуемым сопротивлениям теплопередаче по условиям энергосбережения  $R_o^{ЭН}$ . Однако для покрытий зданий значения сопротивлений теплопередаче  $R_o^{ЭН}$  значительно превышают экономически целесообразные  $R_o^{ЭК}$ . Дальнейшее увеличение нормируемых значений сопротивлений теплопередаче  $R_o^{ЭН}$  не является экономически обоснованным. Это подтверждает выводы, приведённые В.Г. Гагариным в работе [1].

Применение более эффективных теплоизоляционных материалов позволит принимать меньшие значения общего сопротивления теплопередаче при теплотехнических расчётах.

Таким образом, следует определять уровень теплозащиты зданий, исходя из экономических условий, которые являются более комплексным и обоснованным показателем затрат на поддержание заданных параметров воздушной среды отапливаемых зданий различного назначения.

Сопротивления теплопередаче наружных стен и покрытий жилых зданий

Округ	Показатель $B$ , град.·сут	Стоимость тепловой энергии, руб./Гкал	Сопротивления теплопередаче, $m^2 \cdot ^\circ C / Bt$		
			$R_o^{ЭК}$	$R_o^{ЭН}$	
				стен	покрытий
Северо-Кавказский	2560	840	1,87	2,3	3,48
Южный	3540	1230	2,66	2,64	3,97
Северо-Западный	4818	690	2,32	3,13	4,61
Москва	4943	1440	3,40	3,18	4,67
Центральный	5014	1200	3,12	3,21	4,71
Приволжский	5590	1670	3,90	3,44	5,00
Уральский	6444	911	3,09	3,73	5,42
Дальневосточный	6548	1430	3,90	3,76	5,47
Сибирский	6974	940	3,27	3,89	5,69

#### Библиографический список

1. Гагарин В.Г. Макроэкономические аспекты обоснования энергосберегающих мероприятий при повышении теплозащиты ограждающих конструкций зданий. // Строительные материалы. 2010. № 3. С. 8-16.
2. Богословский В.Н. Строительная теплофизика: Теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха. М.: Высшая школа, 1982. 415 с.